覆膜滴灌棉田地膜残留量对棉花生长的影响

朱金儒[1,2]， 李文昊[1,2]， 王振华[1,2]， 宗 睿[1,2]， 王天宇[1,2]

（1. 石河子大学水利建筑工程学院，新疆 石河子 832000；
2. 石河子大学现代节水灌溉兵团重点实验室，新疆 石河子 832000）

摘 要：为了阐明覆膜滴灌棉田地膜残留对棉花生长的影响，结合绿洲覆膜滴灌棉田残膜累积特点，设计对应覆膜年限为5 a、10 a、15 a、20 a、25 a、30 a共6个不同残膜累积梯度，利用桶栽试验，分析了不同覆膜年限棉田中残膜累积对棉花生长和产量的影响。结果表明：残膜对棉花地上部株高和叶面积影响显著，随残膜量的增加株高和叶面积逐渐降低，当覆膜滴灌20 a时各时期株高和叶面积均显著减小。覆膜滴灌20 a时残膜量的增加开始显著降低棉花地下部根系指标，与CK相比，覆膜滴灌20 a的根长密度降低8.2%，根表面积密度降低10%，根体积降低7.2%，根系直径降低19.4%。残膜量与棉花干物质积累量和产量呈显著负相关，覆膜滴灌20 a后相比于CK，地上部干物质量降低20.3%，根部干物质量降低38.4%；棉花产量相比新疆近5 a地区平均单位面积产量降低10.96%。残膜量的增加对棉花的正常生长影响显著，当覆膜滴灌年限达到15~20 a时，棉花的生长与根系指标和产量显著降低。研究结果可为新疆滴灌棉田可持续发展提供理论依据。

关键词：覆膜滴灌；残膜；棉花；根系；产量

农用塑料薄膜是现代农业生产中的重要物资之一，因其增温保墒、防病虫害、抑制杂草和促进作物增产增收等优点而在世界范围内被广泛应用，使用作物种类从经济作物逐渐扩大到玉米、棉花等大田作物，为全球粮食增产和粮食安全提供了重要保障[1-3]。新疆是我国最重要的优质棉产区，覆膜滴灌技术现已成为适应新疆地理气候特征的重要节水灌溉技术[4]。我国已经成为全球农用塑料薄膜使用量最大的国家，而新疆的使用量也从1991年的 3.45×10^4 t增加到2018年的 2.70×10^5 t。农用地膜在带来巨大收益的同时也带来了严重的残膜污染问题。地膜主要成分为聚乙烯，自然条件下很难降解，可在土壤中存留几百年[5]。随着年复一年的重复使用，加之地膜回收措施的不完善，大量地膜残留在农田土壤，残膜污染问题已经引起社会的普遍关注。大规模推广覆膜滴灌以来，新疆棉田覆膜率达100%，导致新疆棉田残膜污染愈发严重[6-8]，学者进行了大量调查研究，董合干等[9]通过对新疆石河子连作覆膜棉田取样发现残膜密度以每年13.66 kg·hm^{-2}的速率随覆膜年限的增加而增加；刘建国等[6]研究得出：新疆地区棉田残膜主要分布在0~30 cm且以每年11.2 kg·hm^{-2}的速率增长；严昌荣等[10]对新疆石河子覆膜20 a棉田取样研究发现，残膜密度为(300.65±49.32)kg·hm^{-2}。

大量研究表明：残膜可影响土壤耕作层水分运移和降水的渗透，影响作物对水分和养分的吸收，危害农业生产的可持续发展[5,11-12]。主要包括以下方面：(1) 地膜残留量的增加使土壤容重和总孔隙度存在差异。残膜破坏土壤团聚体，造成土壤板结，污染土壤环境，土壤孔隙度上升和容重下降使得土壤保水能力降低[13-14]。王频[15]和魏迎春等[16]认为，残膜降低土壤比热容、破坏土壤结构，导致土壤降温加快和地下水下渗难度增加，引起次生盐渍化。(2) 残膜影响作物生长和降低作物出苗率。南殿杰等[17]认为，残膜对棉苗出土存在影响，使棉苗死苗率增加。高玉山等[18-20]研究发现，玉米出苗率随残膜量增加而降低，残膜使棉田烂芽率达到5.17%，烂种率达6.92%，棉花侧根减少4.8~7.6条。

收稿日期：2020-05-06； **修订日期：**2020-12-01
基金项目：国家自然科学基金项目(51869028)；兵团重点领域创新团队(2019CB004)资助
作者简介：朱金儒(1994-)，男，硕士研究生，研究方向为节水灌溉理论与技术. E-mail: zhujinru2018@163.com
通讯作者：李文昊. E-mail: lwh8510012@163.com

(3) 根系是植物吸收水分和养分最主要的器官，在作物的生长发育和产量形成中发挥着重要的作用[8]，根系生物量的大多数都分布于0~30 cm耕作层，该区域是残膜影响棉花根系生长和分布较显著的区域，且最终导致棉花减产[21-22]。李青军等[23-24]研究发现，棉花的根表面积、根长密度、根重等随着残膜的增加而减少，马铃薯、玉米、棉花等作物平均减产16.10%。

现有研究大多集中在残膜对于土壤水分和土壤结构的影响，对于作物生长的影响也只有固定覆膜年限或是残膜量跨度较小，并且残膜的分布和各层残膜所占比例与大田相差很大，很难系统解释残膜对于作物的影响。因此，本研究针对新疆绿洲区长期覆膜滴灌连作背景下残膜对于棉花生长的影响，设计了分别对应覆膜滴灌5 a、10 a、15 a、20 a、25 a、30 a的6个不同覆膜年限处理，分析了不同处理株高等地上部生长指标，根长密度、根表面积密度等地下部生长指标，结合干物质积累和产量变化差异，揭示不同覆膜年限残膜累积对棉花生长的影响，以期为覆膜滴灌技术的可持续推广应用提供一定理论依据。

1 试验区概况与试验方法

1.1 试验区概况

试验于2019年4—10月在新疆石河子大学节水灌溉试验站(44°19′28″N，85°59′47″E)进行。试验区海拔高度451 m，平均地面坡度6‰，位于准葛尔盆地南缘天山北麓中段，属于温带大陆性气候，年均日照数2865 h，其中≥10 ℃积温3453.5 ℃，≥15 ℃积温2960.1 ℃，无霜期170 d左右，多年平均降水量207 mm，平均蒸发量1660 mm，昼夜温差大。土壤质地为中壤土，0~100 cm土壤平均容重1.60 g·cm^{-3}，地下水埋深大于8 m。

1.2 试验设计

供试棉花品种为当地主栽品种新陆早23号，采用桶栽试验(顶部内径×底部内径×高：55 cm×45 cm×60 cm)(图1)。依据本课题组的已有研究[8, 25]，将试验设置为6个残膜累积处理，每个处理设置3个重复，各处理对应的膜下滴灌年限和残膜量见表1；试验用土取自石河子大学节水灌溉试验站内大田土壤，为中壤土，土壤理化特性见表2，自然晾干、碾碎、过筛、人工去除原有残膜、碎石块等杂物；将普通聚乙烯塑料地膜(厚0.008 mm)按不同覆膜年限残膜的大小剪碎为质量大于和小于50 mg的正方形小块，然后按容重1.42 g·cm^{-3}将不同覆膜年限各土层所占残膜与土壤充分混匀装填，装土55 cm，桶底部铺设纱网和均匀钻孔以增加其透气性。为使

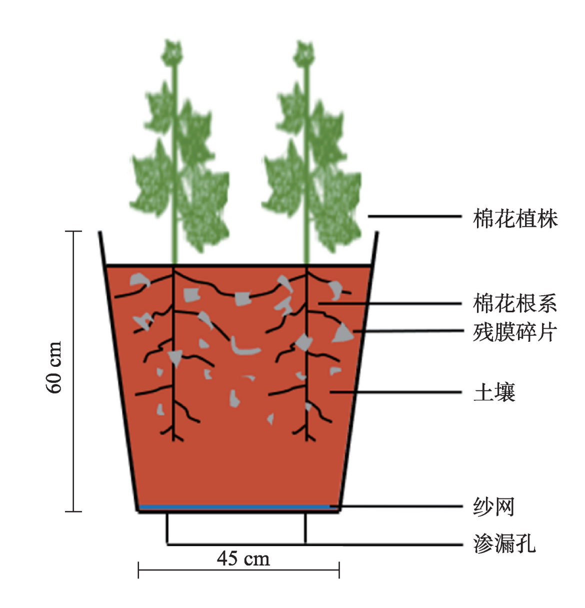


图1 桶栽棉花种植示意图

Fig. 1 Schematic diagram of barrel cotton planting

表1 不同处理土壤残膜量

Tab. 1 Different soil residual amount of processing

处理	CK	T1	T2	T3	T4	T5	T6
覆膜滴灌年限/a	0	5	10	15	20	25	30
残膜量/(kg·hm^{-2})	0	146.18	228.03	309.88	391.73	473.58	555.43

表2 土壤理化特性

Tab. 2 Soil physical and chemical properties

土层深度/cm	全氮/(g·kg^{-1})	全磷/(g·kg^{-1})	全钾/(g·kg^{-1})	速效磷/(g·kg^{-1})	速效钾/(g·kg^{-1})	田间持水率/(g·kg^{-1})
0~20	0.76	0.96	7.8	30.54	422.68	20.11
20~40	0.88	0.93	8.2	28.6	410.21	17.9

桶栽与大田环境一致，装土完成后将桶埋入大田，保持桶口与地面齐平然后覆膜播种，播种前保持土壤含水量为田间持水量的80%。桶栽棉花间距借鉴机采棉"一膜三管六行"种植模式，即每桶种植2株棉花，株距10 cm。试验过程中棉花的灌水、施肥等农艺措施与大田保持一致(表3)。

1.3 测试项目及方法

1.3.1 地上部生长指标测定 定苗后各处理选取3株代表性植株标记后，分别在棉花苗期(5月25日)、蕾期(6月15日)、花铃期(7月20日)、吐絮期(8月25日)用直尺对棉花的株高和叶面积进行测定。

株高：子叶节至最高生长点的距离，打顶后为子叶节至最高果枝基部的距离。

叶面积：测定叶片长(叶基至叶尖)和宽(以叶基为中心垂直于叶长)。

1.3.2 地下部根系形态参数测定 在吐絮末期进行根系样品采集，每个处理选取长势一致的棉花3株，以植株为中心，取长宽高各为10 cm的小立方体土块，分别向两边延伸，每层12个，取至40 cm深，共4层，将取回的每个小立方体土块用清水冲洗，去除杂物。采用Epson Expression 1200XL扫描仪透射扫描模式进行根系扫描，扫描仪分辨率设为300 dpi，扫描时将根系放入托盘并注入一定量的水，用镊子将根系拨开并保证其互不重叠。利用WinRHIZO Pro图像获取系统得到根系图像文件并保存为TIF格式，分析图像文件得到根长、根表面积、根体积、平均直径等指标。

1.3.3 干物质与产量测定 将各处理扫描后的根系称重后放入烘箱，105 ℃杀青30 min，然后65 ℃烘至恒重，冷却后用万分之一天平称重。棉花成熟后，收获每桶棉花用天平称重后按大田种植密度换算为每公顷产量。

1.4 数据处理

采用Microsoft Excel 2016整理数据，SPSS 22.0进行显著性分析，Origin 2017绘图。

2 结果与分析

2.1 残膜累积对棉花地上部生长的影响

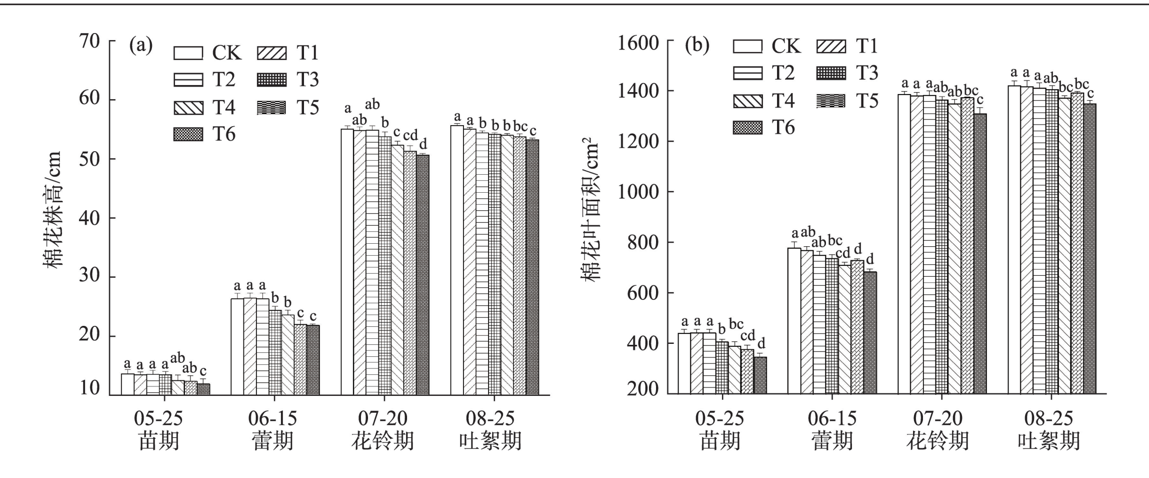
株高是反映棉花生长发育的重要指标之一，土壤环境的改变导致棉花的生长状况出现不同程度的改变[26]。由图2a可知，不同残膜量处理下棉花不同生育期内株高变化规律基本一致，随着棉田中地膜残留量的增加，棉花的株高在各个不同的生育期内均呈下降趋势。统计分析表明，在苗期，T1、T2、T3、T4及T5处理与CK相比差异性不显著，T6处理与CK之间差异性显著($P<0.05$)，株高较CK处理下降了14.4%。随着棉花生育期的推进，不同处理间株高的差异逐渐增大，蕾期CK处理株高平均值为26.17 cm，T3、T4、T5及T6分别为24.23 cm、23.47 cm、21.83 cm和21.67 cm，较CK分别下降8%、11.5%、19.9%、20.8%，各处理间棉花株高均达到显著性差异($P<0.05$)，T4、T5及T6处理与CK差异极显著($P<0.01$)，即覆膜滴灌20 a后棉花蕾期株高下降极显著。花铃期，棉花进入最旺盛的生长阶段，不同处理间株高的差异进一步增大，T4、T5及T6处理与CK差异性显著，较CK分别下降5.3%，7.4%，8.7%。在吐絮期，T1、T2、T3、T4、T5及T6处理株高无显著性水平或部分达到显著性水平，但均显著低于处理CK。

不同生育期棉花叶面积的变化如图2b所示，同一生育期内不同残膜处理下棉花叶面积均为CK最大，苗期和蕾期各处理间差异显著，花铃期后各处

表3 棉花各生育期灌水及施肥处理

Tab. 3 Irrigation and fertilization treatment of cotton in all growth stages

生育期	灌水处理		施肥处理		
	灌水量/mm	灌水次数	$CO(NH_2)_2$ /(kg·hm^{-2})	KH_2PO_4 /(kg·hm^{-2})	施肥次数
播种-出苗	30	1	-	-	-
苗期	30	1	30	15	1
蕾期	75	2	90	45	2
花铃期	200	5	450	225	5
吐絮期	65	2	30	15	1
全生育期	400	11	600	300	9



注:不同小写字母代表差异性显著($P<0.05$)。下同

图2　不同残膜量处理对棉花各生育期生长的影响

Fig. 2　Effects of different residual films on the growth of cotton in different growth periods

理间差异逐渐缩小。苗期,T3、T4、T5和T6处理与CK均达到显著性差异,较CK分别下降35 cm²、51 cm²、71 cm²和96 cm²,其中T5、T6处理差异极显著($P<0.01$)。蕾期,T5和T6处理较CK下降80 cm²和95 cm²,差异极显著($P<0.01$);花铃期,棉花生长旺盛,各相邻处理间无显著差异,T6处理较CK下降75 cm²,差异显著。上述分析表明,通过6个不同残膜处理对棉花生长的影响来看,残膜对于棉花前中期株高和叶面积影响显著,苗期、蕾期和花铃期分析均表明当覆膜滴灌20 a后的残膜处理(T5和T6处理)与其他残膜处理相比株高和叶面积显著降低,生育后期棉花生长缓慢或基本不再生长,残膜对其影响变小。

2.2 残膜累积对棉花地下部根系的影响

2.2.1 残膜累积对根长密度和分布的影响　植物根系的根长密度决定着植物吸收土壤水分和养分的能力,对于反映根系生理生态功能具有重要意义[27]。如图3所示,随着残膜累积量的增加棉花根长密度逐渐呈下降趋势,残膜量≤309.88 kg·hm⁻²(覆膜滴灌20 a)时CK与T1、T2、T3处理间无显著性差异,残膜量≥309.88 kg·hm⁻²(覆膜滴灌20 a)时T4、T5、T6处理分别较CK下降8.2%、17.3%、36.6%,存在差异性且达到极显著($P<0.01$),T6处理较T1、T2、T3处理分别下降38.1%、40%、40.3%均达到显著性差异,说明当覆膜滴灌20 a后残膜累积对棉花根系平均根长密度影响显著,随着残膜量的增加而下降。

根长密度在棉花耕作层(0~40 cm)土壤内的分布如图4所示,棉花大部分的根系主要存在于10~30 cm土层内。0~10 cm内T4、T5、T6处理分别较CK下降98%、248%、316%;10~20 cm内T4、T5、T6处理分别较CK下降17%、25.5%、25.7%,下降趋势明显且随着残膜累积量的增加根长密度的下降趋势逐渐增大。

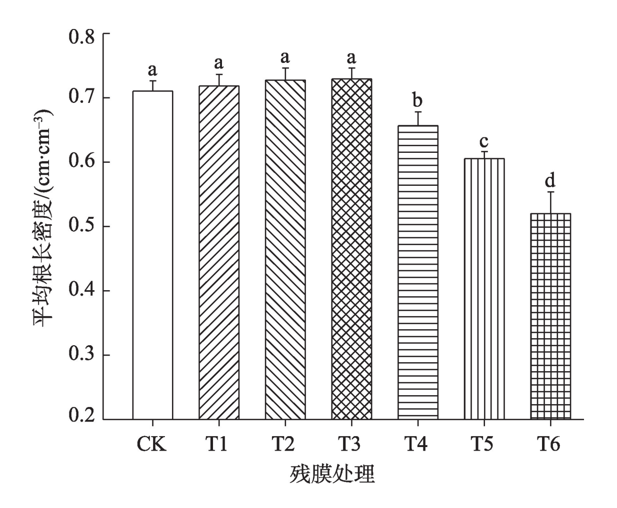


图3　不同残膜量处理对根系平均根长密度的影响

Fig. 3　Effects of different residual films on the root average density

2.2.2 残膜累积对根表面积密度和分布的影响　如图5所示,随着残膜量的增加根表面积密度逐步降低。根表面积密度在残膜量为0时即CK时最大,为0.056 cm²·cm⁻³,T4、T5、T6处理与CK存在显著性差异,分别降低0.005 m²·cm⁻³、0.006 m²·cm⁻³、0.01 m²·cm⁻³,T6处理降幅达23.2%存在极显著差异。在残膜累积量达到T4处理后,各处理间差异性显著,说明覆膜滴灌20 a后残膜累积对根表面积密度影响显著。

根表面积密度在棉花耕作层(0~40 cm)土壤内

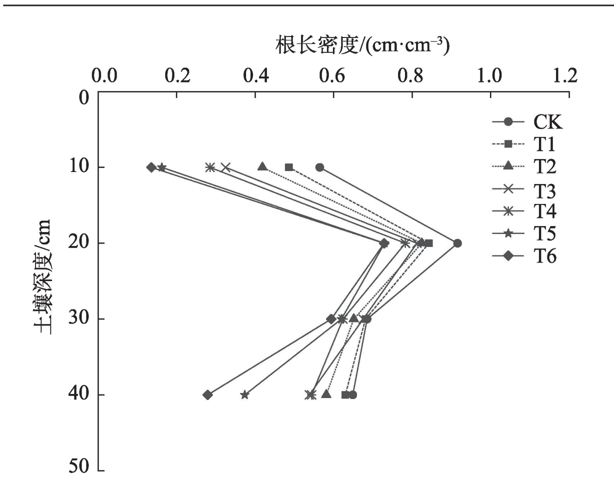


图4 不同残膜量处理对根系根长密度分布的影响

Fig. 4 Effects of different residual films on the distribution of root length density

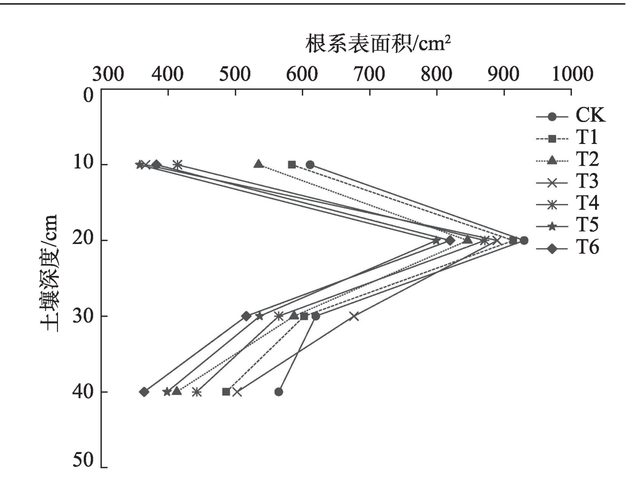


图6 不同残膜量处理对根系根表面积分布的影响

Fig. 6 Effects of different residual films on the distribution of root surface area density

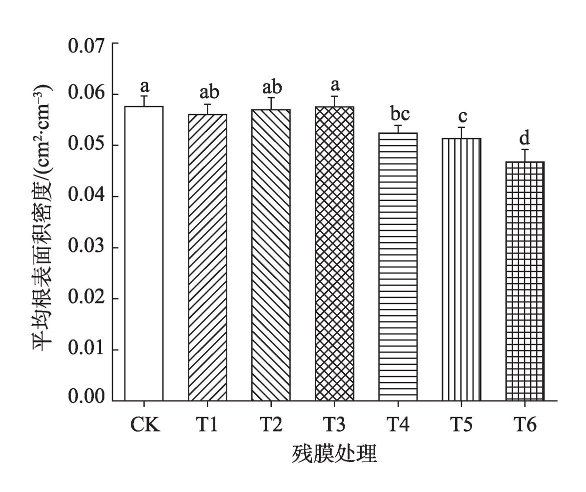


图5 不同残膜量处理对根系平均根表面积密度的影响

Fig. 5 Effects of different residual films on the root average surface area density

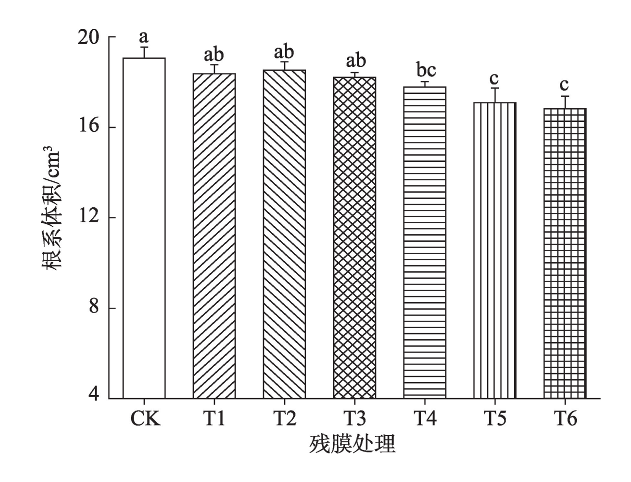


图7 不同残膜量处理对根系体积的影响

Fig. 7 Effect of different residual film treatment on root volume

的分布如图6所示，各土层内随着残膜量的增加根表面积密度逐渐下降且各土层内下降程度不同。0~10 cm内T4、T5、T6处理分别较CK下降47.8%、70.9%、59.8%；30~40 cm内T5、T6处理较CK下降41.8%、55.1%，下降幅度明显，中间土层内根表面积变化较小，表明残膜累积对浅层土壤内根表面积影响较大。

2.2.3 残膜累积对根体积的影响 由图7可知，随着残膜累积量的增加，残膜对于棉花根体积具有一定影响。残膜量≤309.88 kg·hm^{-2}时各相邻处理间根体积无显著差异，残膜量≥391.73 kg·hm^{-2}（覆膜滴灌20 a）时T4、T5、T6处理与CK处理存在显著性差异。CK处理下根体积最大，T6处理最小，CK处理根体积为19.06 cm^3，分别比T4、T5、T6处理高1.28 cm^3、1.97 cm^{3}和2.24 cm^3，各处理降幅为6.72%、11.5%和13.3%，差异显著。

2.2.4 残膜累积对根系平均直径的影响 根系平均直径随着残膜累积量的增加逐渐下降（图8），CK处理数值最大，为0.33 mm，较T1处理高0.03 mm，增幅达8.9%，存在显著性差异。T3、T4、T5和T6处理相互无显著性差异，但与CK处理均存在显著性差异，分别下降0.04 mm、0.05 mm、0.06 mm和0.08 mm，降幅为14.6%、19.4%、24.2%和32.2%，且T4、T5、T6处理差异极显著，说明覆膜滴灌20 a后残膜累积对棉花根系平均直径影响显著。

2.3 残膜累积对棉花生育末期干物质积累和产量的影响

残膜累积对棉花生育末期干物质积累和产量

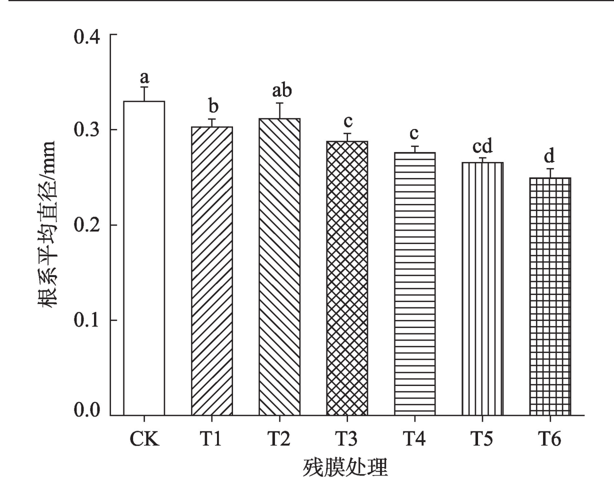


图8　不同残膜量处理对根系平均直径的影响

Fig. 8　Effects of different residual films on the root mean diameter

的影响见表4，棉花地上部干物质量、根部干物质量和产量均随着残膜量的增加而逐渐减少。T1和T2处理的棉花地上部干物质量和根部干物质量与CK较为接近，未达到显著差异。T4、T5和T6处理的棉花地上部干物质量和根部干物质量低于CK，地上部干物质量分别下降20.3%、23.5%和32.6%，根部干物质量分别下降38.4%、46.3%和63.6%，与CK相比均达到显著性差异（$P<0.05$）。棉花产量T1和T2处理与CK相比变化幅度较小，无显著性差异，T4、T5和T6处理分别比CK下降585.63 kg·hm^{-2}、775.88 kg·hm^{-2}和858.43 kg·hm^{-2}，与CK相比均达到极显著性差异（$P<0.01$）。

不同残膜量与棉花生育末期干物质积累和产量均呈负相关，残膜对棉花地上部干物质和根部干物质积累一直有影响，对产量只有当残膜累积到一定量才有显著影响。表4中棉花产量从T3处理开始显著低于CK，T4处理棉花产量开始低于国家统计局公布的新疆近5 a地区单位面积产量2002.84 kg·hm^{-2}，降低了10.96%。上述分析表明，覆膜滴灌15~20 a后，棉花地上部、根部干物质量和产量下降明显，说明残膜量的增加不利于棉花地上部干物质、根部干物质的积累和产量的增加，所以对于棉田残膜有必要采取清除措施。

3　讨论

残膜具有一定的韧性和延展性，作为一种外来物质大量滞留在土壤中会影响土壤结构和作物根系，从而影响作物的正常生长发育[17,27-28]。本文通过设置6个不同覆膜年限的残膜量处理，研究了残膜对棉花生长发育和根系分布及生育末期地上部、根部干物质积累和产量的影响。

在残膜影响棉花生长方面，解红娥等[27]通过盆栽模拟和大田试验研究了残膜对土壤物理性状和不同作物生长发育的影响，发现随着残膜量的增加，小麦、玉米和棉花的出苗率、株高等指标均受到严重影响。姜益娟等[29]发现残膜在土壤中的分布状态对棉花地上部的株高、叶片、蕾铃的生长发育影响严重。本研究结果发现，棉花生育期内株高和叶面积均随着残膜量的增加而减小，棉花苗期、蕾期和花铃期的株高和叶面积减小幅度较大，蕾期株高和叶面积最多下降20.8%和95 cm^2，差异显著。当覆膜年限小于20 a时，残膜对棉花生长影响较小，各处理无显著减小；覆膜20 a之后棉花的株高和叶面积会出现明显下降，与无残膜处理相比差异均显著。

根系作为作物吸收养分和水分的主要器官，其

表4　不同残膜处理对棉花干物质积累和产量的影响

Tab. 4　Effect of different residual film treatment on cotton dry matter accumulation and yield

处理	残膜量 /(kg·hm^{-2})	棉花地上部干物质量 /(g·株$^{-1}$)	根部干物质量 /(g·株$^{-1}$)	产量 /(kg·hm^{-2})
CK	0	52.38±2.52a	15.71±2.12a	2368.93a
T1	146.18	51.43±2.20a	14.73±1.28 a	2325.41ab
T2	228.03	48.65±1.92ab	14.19±1.45a	2388.07a
T3	309.88	45.87±1.58bc	13.08±0.86ab	2153.58b
T4	391.73	44.30±1.80cd	11.35±0.92bc	1783.27c
T5	473.58	43.14±1.52cd	10.74±0.73bc	1593.05d
T6	555.43	40.17±1.83d	9.60±0.80c	1510.50d

注：同列不同小写字母表示处理间差异显著（$P<0.05$）。

形态结构直接体现根系生长发育水平和对外界环境的适应性[21-22,27-28]。在残膜影响根系方面,南殿杰[17]、李青军[23]、赵素荣等[30]研究发现,土壤中残膜的存在会阻碍根系生长,使根系出现主根倾斜和多侧根,随残膜量的增加根系形态指标逐渐减小。本文研究发现,随着残膜量的增加棉花根系的各指标均逐渐减小,当残膜量≥391.73 kg·hm^{-2}时各根系指标出现明显下降,根长密度、根表面积密度、根体积和根系直径最多分别下降36.6%、23.2%、13.3%和32.2%,差异极显著。这与前人研究结果残膜量的增加使棉花根系表面积和根长增加,根体积和根系直径减小[31]不一致,可能是由于残膜量和膜片面积及分布比例不同造成。残膜对于根系平均根长密度和平均根表面积密度在耕作层中的分布有显著影响,土壤表层和耕作层40 cm以下影响较小,10~30 cm受残膜影响最大。这与林涛等[21]研究发现,随残膜量的增加棉花根重减小,0~30 cm根质量密度降低,20~30 cm土层根长密度受残膜影响降低最多的结果一致。

干物质积累量和产量方面,本研究发现,棉花的地上部、地下部干物质积累量和产量均与残膜量呈负相关,覆膜20 a的产量低于新疆近5 a平均单位面积产量,降幅达10.96%。祖米来提·吐尔干等[32]研究发现,残膜量超过225 kg·hm^{-2}时棉花产量开始显著降低且残膜含量越高减产幅度越大;姜益娟等[29]研究表明,当残膜量达210 kg·hm^{-2}时,残膜对棉花产量影响开始显著,减产幅度在16.9%~21.6%,这与本研究残膜降低棉花产量的结果基本一致。生产实践中导致棉花减产的因素众多,区域内棉花单位面积产量又受到棉花品种、耕作措施、农艺管理和气候等因素的综合影响,但棉田中残膜累积会影响棉花收获株数、单株成铃数和单铃质量,成为导致棉花减产的重要因素[33-34]。

根系在土壤中生长时由于残膜具有的韧性而难以穿透,使其无法达到正常的耕作层获取生长所需的水分和养分。当残膜量为391.73 kg·hm^{-2}时根系指标显著下降,根长密度、根表面积、根体积和根直径分别下降8.2%、8.93%、6.72%和19.4%;受损的根系导致棉花缺乏生长所需水分和养分,干物质积累量和产量显著下降,地上部、根部干物质量和产量分别下降20.3%、38.4%和24.72%。覆膜滴灌15~20 a时残膜对于棉花各项指标会有显著影响,所以对于长期连作覆膜滴灌棉田地区应加大推广符合国标的高强度地膜和残膜回收机械的科研投入,开发拓展残膜的再利用和再加工技术从多方面消除残留地膜的影响。

4 结 论

棉田残膜的增加显著影响了棉花的生长发育、产量和棉花根系在土壤中的生长和分布:

(1) 覆膜滴灌小于20 a时,残膜对棉花的株高和叶面积没有显著降低影响,随着覆膜滴灌年限的增加,残膜量在超过391.73 kg·hm^{-2}时棉花的株高和叶面积开始显著降低。

(2) 棉花的各项根系形态指标均随着残膜量的增加而减小,覆膜滴灌20 a后根系形态指标显著降低。与无残膜处理相比,覆膜滴灌20 a的根长密度降低8.2%,根表面积密度降低10%,根体积降低7.2%,根系直径降低19.4%,根系根长密度和根表面积密度在土壤中的分布表明,残膜对于棉花根系在浅层土壤(0~20 cm)内的分布影响较大。

(3) 覆膜滴灌15~20 a后残膜的增加对棉花的地上部分与根部干物质积累和产量都有显著降低的影响,残膜量也与地上部分干物质、根部干物质积累和产量均呈负相关关系。覆膜滴灌20 a地上部干物质量降低20.3%,根部干物质量降低38.4%,产量与近5 a地区平均单位面积产量相比降低10.96%。

参考文献(References):

[1] 杨书运, 江昌俊. 稻草和地膜覆盖对冬季茶园保温增温作用的研究[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(2): 327-333. [Yang Shuyun, Jiang Changjun. Effect of straw and plastic film mulching on warming and insulation of tea plantation in winter[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2010, 18(2): 327-333.]

[2] Jiang X J, Liu W J, Wang E H, et al. Residual plastic mulch fragments effects on soil physical properties and water flow behavior in the Minqin Oasis, northwestern China[J]. Soil and Tillage Research, 2017, 166: 100-107.

[3] 许香春, 王朝云. 国内外地膜覆盖栽培现状及展望[J]. 中国麻业, 2006(1): 6-11. [Xu Xiangchun, Wang Chaoyun. The status and development trend of cultivation mulch film at home and abroad[J]. Plant Fibers and Products, 2006(1): 6-11.]

[4] 董倩倩, 范文波, 许忠宇, 等. 滴灌水量和土壤温度对桶栽棉花土壤剖面CO_2浓度影响的试验研究[J]. 干旱区研究, 2020, 37

(3): 636-644. [Dong Qianqian, Fan Wenbo, Xu Zhongning, et al. Experimental study on the effect of drip irrigation water volume and soil temperature on CO_2 concentration in the soil profile of barrel- planted cotton [J]. Arid Zone Research, 2020, 37(3): 636-644.]

[5] 严昌荣, 梅旭荣, 何文清, 等. 农用地膜残留污染的现状与防治[J]. 农业工程学报, 2006, 22(11): 269-272. [Yan Changrong, Mei Xurong, He Wenqing, et al. Present situation of residue pollution of mulching plastic film and controlling measures[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2006, 22(11): 269-272.]

[6] 刘建国, 李彦斌, 张伟, 等. 绿洲棉田长期连作下残膜分布及对棉花生长的影响[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(2): 246-250. [Liu Jianguo, Li Yanbin, Zhang Wei, et al. The distributing of the residue film and influence on cotton growth under continuous cropping in oasis of Xinjiang[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2010, 29(2): 246-250.]

[7] Zhang D, Liu H B, Hu W L, et al. The status and distribution characteristics of residual mulching film in Xinjiang, China[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2016, 15(11): 2639-2646.

[8] He H J, Wang Z H, Guo L, et al. Distribution characteristics of residual film over a cotton field under long-term film mulching and drip irrigation in an oasis agroecosystem[J]. Soil and Tillage Research, 2018, 180: 194-203.

[9] 董合干, 王栋, 王迎涛, 等. 新疆石河子地区棉田地膜残留的时空分布特征[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(9): 182-186. [Dong Hegan, Wang Dong, Wang Yintao, et al. Spatial and temporal distribution characteristics of mulch residues in cotton field in Shihezi, Xinjiang[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2013, 27(9): 182-186.]

[10] 严昌荣, 王序俭, 何文清, 等. 新疆石河子地区棉田土壤中地膜残留研究[J]. 生态学报, 2008, 28(7): 3470-3474. [Yan Changrong, Wang Xujian, He Wenqing, et al. The residue of plastic film in cotton fields in Shihezi, Xinjiang[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(7): 3470-3474.]

[11] 王志超, 李仙岳, 史海滨, 等. 农膜残留对土壤水动力参数及土壤结构的影响[J]. 农业机械学报, 2015, 46(5): 101-106. [Wang Zhichao, Li Xianyue, Shi Haibin, et al. Effects of residual plastic film on soil hydrodynamic parameters and soil structure[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(5): 101-106.]

[12] 周明冬, 韩咏香, 秦晓辉. 农田残膜对棉花生长发育的影响[J]. 现代农村科技, 2014(1): 60. [Zhou Mingdong, Han Yongxiang, Qin Xiaohui. Effect of residual plastic film on cotton growth and development[J]. Xian Dai Nong Cun Ke Ji, 2014(1): 60.]

[13] 牛文全, 邹小阳, 刘晶晶, 等. 残膜对土壤水分入渗和蒸发的影响及不确定性分析[J]. 农业工程学报, 2016, 32(14): 110-119. [Niu Wenquan, Zou Xiaoyang, Liu Jingjing, et al. Effects of residual plastic film mixed in soil on water infiltration, evaporation and its uncertainty analysis[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(14): 110-119.]

[14] Chen Y S, Wu C F, Zhang H B, et al. Empirical estimation of pollution load and contamination levels of phthalate esters in agricultural soils from plastic film mulching in China[J]. Environmental Earth Sciences, 2013, 70(1): 239-247.

[15] 王频. 残膜污染治理的对策和措施[J]. 农业工程学报, 1998, 14(3): 190-193. [Wang Pin. Measures to reduce the pollution of residual of mulch ng plastic film in farm land[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1998, 14(3): 190-193.]

[16] 魏迎春, 唐琳. 农用地膜对土壤的污染及其防治探讨[J]. 西藏农业科技, 2010, 32(1): 39-41, 48. [Wei Yingchun, Tang Lin. The pollution situation of mulching plastic and controlling method[J]. Tibet Journal of Agricultural Sciences, 2010, 32(1): 39-41, 48.]

[17] 南殿杰, 解红娥, 高两省, 等. 棉田残留地膜对土壤理化性状及棉花生长发育影响的研究[J]. 棉花学报, 1996, 8(1): 50-54. [Nan Dianjie, Xie Honge, Gao Liangsheng, et al. Study of the influence of the residue film on soil and cotton growth in the cotton fields[J]. Cotton Science, 1996, 8(1): 50-54.]

[18] 高玉山, 孙云云, 窦金刚, 等. 残膜对玉米出苗及根系伸长的研究[J]. 吉林农业科学, 2013, 38(6): 22-24. [Gao Yushan, Sun Yunyun, Dou Jingang, et al. Effects of plastic film residue on emergence and root growth of corn seedlings[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 2013, 38(6): 22-24.]

[19] 辛静静, 史海滨, 李仙岳, 等. 残留地膜对玉米生长发育和产量影响研究[J]. 灌溉排水学报, 2014, 33(3): 52-54. [Xin Jingjing, Shi Haibin, Li Xianyue, et al. Effects of plastic film residue on growth and yield of Maize[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2014, 33(3): 52-54.]

[20] 刘志锋. 浅谈残膜污染对棉花生长的影响及应对措施[J]. 石河子科技, 2009(6): 21-22. [Liu Zhifeng. Introduction the pollution of the residue film impact on cotton growth and response[J]. Shihezi Science and Technology, 2009(6): 21-22.]

[21] 林涛, 汤秋香, 郝卫平, 等. 地膜残留量对棉田土壤水分分布及棉花根系构型的影响[J]. 农业工程学报, 2019, 35(19): 117-125. [Lin Tao, Tang Qiuxiang, Hao Weiping, et al. Effects of plastic film residue rate on root zone water environment and root distribution of cotton under drip irrigation condition[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2019, 35(19): 117-125.]

[22] 董合干, 刘彤, 李勇冠, 等. 新疆棉田地膜残留对棉花产量及土壤理化性质的影响[J]. 农业工程学报, 2013, 29(8): 91-99. [Dong Hegan, Liu Tong, Li Yongguan, et al. Effects of plastic film residue on cotton yield and soil physical and chemical properties in Xinjiang[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29(8): 91-99.]

[23] 李青军, 危常州, 雷咏雯, 等. 白色污染对棉花根系生长发育的影响[J]. 新疆农业科学, 2008, 45(5): 769-775. [Li Qingjun, Wei Changzhou, Lei Yongwen, et al. Influence of white pollution on

root growth of cotton[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2008, 45(5): 769−775.]

[24] Gao H H, Yan C R, Liu Q, et al. Effects of plastic mulching and plastic residue on agricultural production: A meta-analysis[J]. Science of The Total Environment, 2019, 651: 484−492.

[25] 贺怀杰, 王振华, 郑旭荣, 等. 典型绿洲区长期膜下滴灌棉田残膜分布现状研究[J]. 灌溉排水学报, 2019, 38(2): 63−69. [He Huaijie, Wang Zhenhua, Zheng Xurong, et al. Distribution of size and quantity of film residuals in cotton fields under film-mulched drip irrigation in oasis region[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2019, 38(2): 63−69.]

[26] 刘雪艳, 丁邦新, 白云岗, 等. 微咸水膜下滴灌对土壤盐分及棉花产量的影响[J]. 干旱区研究, 2020, 37(2): 410−417. [Liu Xueyan, Ding Bangxin, Bai Yungang, et al. Effects of drip irrigation under a brackish water film with respect to the soil salinity and cotton yield [J]. Arid Zone Research, 2020, 37(2): 410−417.]

[27] 解红娥, 李永山, 杨淑巧, 等. 农田残膜对土壤环境及作物生长发育的影响研究[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(增刊): 153−156. [Xie Honge, Li Yongshan, Yang Shuqiao, et al. Influence of residual plastic film on soil structure, crop growth and development in fields[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2007, 26(Suppl.): 153−156.]

[28] 李元桥, 何文清, 严昌荣, 等. 残留地膜对棉花和玉米苗期根系形态和生理特性的影响[J]. 农业资源与环境学报, 2017, 34(2): 108−114. [Li Yuanqiao, He Wenqing, Yan Changrong, et al. Effects of agricultural plastic residual films on morphologic and physiological characteristics of root system of cotton and Maize in seedling stage[J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2017, 34(2): 108−114.]

[29] 姜益娟, 郑德明, 朱朝阳. 残膜对棉花生长发育及产量的影响[J]. 农业环境保护, 2001(3): 177−179. [Jiang Yijuan, Zheng Deming, Zhu Chaoyang. Effects of remnant plastic film in soil on growth and yield of cotton[J]. Agro-environmental Protection, 2001(3): 177−179.]

[30] 赵素荣, 张书荣, 徐霞, 等. 农膜残留污染研究[J]. 农业环境与发展, 1998(3): 8−11. [Zhao Surong, Zhang Shurong, Xu Xia, et al. Study on the situation of residue pollution of mulching plastic film [J]. Agricultural Environment and Development, 1998(3): 8−11.]

[31] 毕继业, 王秀芬, 朱道林. 地膜覆盖对农作物产量的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 16(11): 172−175. [Bi Jiye, Wang Xiufen, Zhu Daolin. Effect of plastic film mulch on crop yield[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, 16(11): 172−175.]

[32] 祖米来提·吐尔干, 林涛, 王亮, 等. 地膜残留对连作棉田土壤氮素、根系形态及产量形成的影响[J]. 棉花学报, 2017, 29(4): 374−384. [Zumilaiti Tuergan, Lin Tao, Wang Liang, et al. Effects of plastic film residues on soil nitrogen content, root distribution, and cotton yield during the long-term continuous cropping of cotton [J]. Cotton Science, 2017, 29(4): 374−384.]

[33] 邹小阳, 牛文全, 刘晶晶, 等. 残膜对番茄苗期和开花坐果期生长的影响[J]. 中国生态农业学报, 2016, 24(12): 1643−1654. [Zou Xiaoyang, Niu Wenquan, Liu Jingjing, et al. Effect of residual plastic film on growth of tomato at seedling and blooming and fruit-setting stages[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2016, 24(12): 1643−1654.]

[34] 武宗信, 解红娥, 任平合, 等. 残留地膜对土壤污染及棉花生长发育的影响[J]. 山西农业科学, 1995(3): 27−30. [Wu Zongxin, Xie Honge, Ren Pinghe, et al. Contamination of film-remnant to the soil and its effect on the cotton growth and development[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 1995(3): 27−30.]

Effect of film mulching residue on cotton growth in drip irrigation cotton field

ZHU Jinru[1,2], LI Wenhao[1,2], WANG Zhenhua[1,2], ZONG Rui[1,2], WANG Tianyu[1,2]

(1. College of Water Resources and Architectural Engineering, Shihezi University, Shihezi 832000, Xinjiang, China;
2. Key Laboratory of Modern Water-Saving Irrigation of Xinjiang Production and Construction Corps, Shihezi University, Shihezi 832000, Xinjiang, China)

Abstract: To clarify the influence of film residue on cotton growth in a field with film mulching under drip irrigation, we assessed the characteristics of residual film accumulation in an oasis drip irrigation cotton field. The design corresponds to 5 a, 10 a, 15 a, 20 a, 25 a, 30 a; a gradient of six residual film accumulations using a barrel-planting experiment. We analyzed the influence of residual film accumulation in cotton fields with different mulching years on cotton growth and yield. The residual film significantly affected cotton plant height and leaf area, which gradually decreased as the residual film amount increased. The plant height and leaf area were significantly reduced at each stage when the film was covered with drip irrigation for 20 years. Additionally, increases in the amount of residual film in drip irrigation for 20 years significantly reduced the cotton root index. Compared with the control treatment without residual film, the root length density in drip irrigation 20 a was reduced by 8.2%, the root surface area density was reduced by 10%, the root volume was reduced by 7.2%, and the root diameter decreased by 19.4%. The amount of residual film was significantly negatively correlated with cotton dry matter accumulation and yield. After 15 years of drip irrigation with film mulching, the cotton yield was lower than the average yield per unit area in Xinjiang in the past five years. After 20 years of drip irrigation with film mulching, the above-ground dry matter quality decreased by 20.3%, the root dry matter quality was reduced by 38.4%, and the output was 10.96% lower than the average output per unit area in Xinjiang in the past five years. In summary, increased amounts of residual film significantly impact the normal growth of cotton. When drip irrigation with film mulching continues for 15−20 years, yield, growth, and root indices of cotton are significantly reduced. The research results can provide a theoretical basis for the sustainable development of drip irrigation cotton fields in Xinjiang.

Keywords: mulch drip irrigation; residual film; cotton; root system; yield